



30 Unionspriorität:  
11-044200 23. 02. 1999 JP

71 Anmelder:  
Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Toyota, Aichi, JP

74 Vertreter:  
WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,  
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

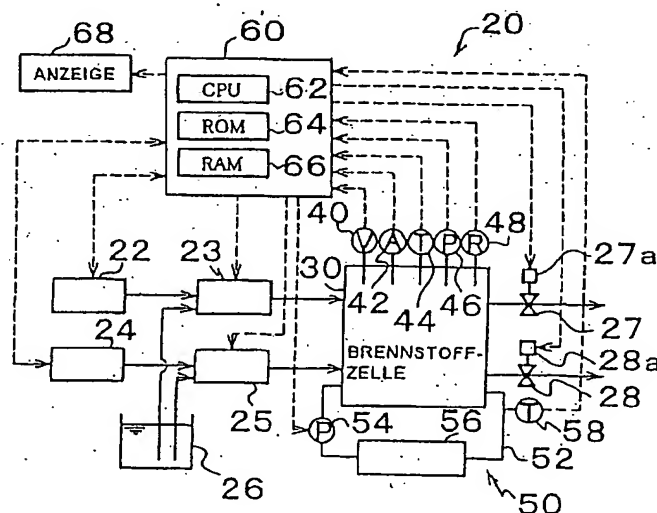
72 Erfinder:  
Nonobe, Yasuhiro, Toyota, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Brennstoffzellensystem

57 In einem Polymerelektrolyt-Brennstoffzellensystem (20) wird ein Zustand der Befeuchtung von Elektrolytmembranen präzise bestimmt und wird eine Regulierung durchgeführt, so daß der Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen im wesentlichen innerhalb eines geeigneten Bereichs bleibt. Das System bestimmt einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen der Brennstoffzelle, basierend auf einem Differentialwert des Widerstands der Brennstoffzelle, der von einem Widerstandsdetektor (48) erfaßt wird, wenn der von der Brennstoffzelle abgegebene elektrische Strom gleich einem vorbestimmten Wert ist. Der Strom der Zelle wird von einem Strommesser erfaßt. Die Brennstoffzelle wird gebildet durch Stapeln von elektrisch leitfähigen Elektroden und Separatoren und protonenleitfähigen Elektrolytmembranen. Die elektrische Leitfähigkeit der Elektroden und der Separatoren wird nicht durch deren Befeuchtungszustand beeinflusst, wohingegen sich die Protonenleitfähigkeit der Elektrolytmembranen abhängig von dem Zustand ihrer Befeuchtung in großem Maße ändert. Daher stellt die Änderungsrate des Widerstands der Brennstoffzelle direkt die Änderungsrate der Protonenleitfähigkeit der Elektrolytmembranen dar, so daß der Befeuchtungszustand der Elektrolytmembranen präzise bestimmt werden kann.



## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## 1. Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem und insbesondere ein Brennstoffzellensystem, das eine Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle besitzt, die durch Stapeln von Einheitszellen gebildet wird, wobei jede davon eine Elektrolytmembran und zwei in einer Sandwich-Anordnung zu der Elektrolytmembran stehende Elektroden besitzt.

## 2. Beschreibung des verwandten Fachgebiets

Vorgeschlagen wurde ein Brennstoffzellensystem, das basierend auf der Feuchtigkeit in einer Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle und der von der Brennstoffzelle abgegebenen Spannung bestimmt, ob die Menge an Feuchtigkeit oder Wasser, die in den Elektrolytmembranen enthalten ist, unzureichend ist, und ein Brennstoffzellensystem, das bestimmt, ob die Menge an Wasser, die in Elektrolytmembranen einer Brennstoffzelle enthalten ist, ausreichend ist, basierend auf einem Schwellwert des elektrischen Stroms, der unter Verwendung des Änderungsbetrags der Spannung und Temperatur als Parameter hergeleitet wird, und auf dem von der Brennstoffzelle abgegebenen Strom (beschrieben in zum Beispiel der Japanischen Offengelegten Patentanmeldung Nr. HEI 7-272736). Diese Systeme leiten entsprechend einer erfaßten Reaktionstemperatur der Brennstoffzelle unter Verwendung einer Tabelle, die ein Verhältnis zwischen der zulässigen minimalen Spannung, die von der Brennstoffzelle abgegeben wird, und der Reaktionstemperatur der Brennstoffzellen angibt, eine zulässige minimale Spannung als einen Schwellwert her. Wenn die von der Brennstoffzelle abgegebene Spannung geringer als der Schwellwert ist, wird bestimmt, daß die Menge des in der Elektrolytmembran enthaltenen Wassers unzureichend ist. Die Systeme leiten, unter Verwendung des Änderungsbetrags der von der Brennstoffzelle abgegebenen Spannung und der Temperatur der Brennstoffzellen als Parameter, auch einen maximalen elektrischen Stromwert als einen Schwellwert her. Wenn der von der Brennstoffzelle abgegebene Strom größer als der Schwellwert ist, wird bestimmt, daß die Menge an in der Elektrolytmembran enthaltenem Wasser unzureichend ist. Wenn bestimmt wird, daß die Menge des in der Elektrolytmembran enthaltenen Wassers unzureichend ist, schränken die Systeme den den Verbrauchern zugeführten Strom ein.

Die oben beschriebenen Brennstoffzellensysteme besitzen jedoch einen Nachteil einer verringerten Genauigkeit bei der Bestimmung des in der Elektrolytmembran enthaltenen Wassers, da die Menge des in der Elektrolytmembran enthaltenen Wassers abhängig von der Brennstoffzellentemperatur, dem Brennstoffgasdruck, der Menge an zugeführtem Brennstoffgas und dergleichen sich beträchtlich ändert. Wenn ferner bestimmt wird, daß die Menge an in der Elektrolytmembran enthaltenem Wasser unzureichend ist, schränken die Systeme den den Verbrauchern zugeführten Strom ein, um so die Elektrolytmembranen vor einer Schädigung zu schützen. Es ist jedoch schwierig, einen geeigneten Bereich der Menge an in der Elektrolytmembran enthaltenem Wasser in den Systemen zu erreichen.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es ist folglich eine Aufgabe der Erfindung, einen Zustand der Befeuchtung von Elektrolytmembranen in einem Brenn-

stoffzellensystem präzise zu bestimmen. Es ist eine andere Aufgabe, eine Regulierung derart durchzuführen, daß der Zustand der Befeuchtung innerhalb eines geeigneten Bereichs bleibt. Es ist noch eine andere Aufgabe, zu bestimmen, daß eine Abnormalität in einem Brennstoffzellensystem vorliegt, wenn der Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen nicht in einem geeigneten Bereich reguliert werden kann, und die Elektrolytmembranen vor einer Schädigung zu schützen, wenn bestimmt wird, daß eine Abnormalität vorliegt.

Um zumindest eine der zuvor erwähnten und anderen Aufgaben der Erfindung zu erfüllen, stellt ein Aspekt der Erfindung ein Brennstoffzellensystem mit einer Brennstoffzelle vom Polymerelektrolyttyp zur Verfügung, die gebildet wird durch Stapeln von Einheitszellen, von denen jede eine Elektrolytmembran besitzt, die in einer Sandwich-Anordnung mit zwei Elektroden steht, wobei das System eine Brennstoffgaszuführung, die der Brennstoffzelle ein Brennstoffgas zuführt, einen Brennstoffgasbefeuchter, der das Brennstoffgas befeuchtet, einen Stromdetektor, der einen von der Brennstoffzelle abgegebenen elektrischen Strom erfaßt, einen Widerstandsdetektor, der einen Widerstand der Brennstoffzelle erfaßt, und eine Befeuchtungszustandsbestimmungseinrichtung, die einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen auf Basis des von dem Stromdetektor erfaßten Stroms und des von dem Widerstandsdetektor erfaßten Widerstands bestimmt, einschließt.

Dieses Brennstoffzellensystem bestimmt einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen, basierend auf dem von der Brennstoffzelle abgegebenen Strom und dem elektrischen Widerstand der Brennstoffzelle, welcher direkt bestimmt wird durch den Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen. Das System stellt daher eine präzise Bestimmung des Zustands der Befeuchtung der Elektrolytmembranen zur Verfügung.

Ein anderer Aspekt der Erfindung stellt ein Brennstoffzellensystem mit einer Brennstoffzelle vom Polymerelektrolyttyp zur Verfügung, die gebildet wird durch Stapeln von Einheitszellen, von denen jede eine Elektrolytmembran besitzt, die in einer Sandwich-Anordnung mit zwei Elektroden steht, wobei das System eine Brennstoffgaszuführung, die der Brennstoffzelle ein Brennstoffgas zuführt, einen Brennstoffgasbefeuchter, der das Brennstoffgas befeuchtet, einen Stromdetektor, der einen von der Brennstoffzelle abgegebenen elektrischen Strom erfaßt, einen Spannungsdetektor, der eine von der Brennstoffzelle abgegebene Spannung erfaßt, eine Brennstoffgaszuführungs-Änderungseinrichtung, die eine Menge des der Brennstoffzelle zugeführten Brennstoffgases verändert, eine Befeuchtungszustandsbestimmungseinrichtung, die einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen basierend auf dem Strom und der Spannung, die von dem Stromdetektor bzw. dem Spannungsdetektor erfaßt werden, bestimmt, wenn die Menge des zugeführten Brennstoffgases durch die Brennstoffgaszuführungs-Änderungseinrichtung verändert wird, einschließt.

Dieses Brennstoffzellensystem bestimmt einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen auf Basis des Stroms, der Spannung und der Menge des der Brennstoffzelle zugeführten Brennstoffgases, welches ein Faktor ist, der den Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen beeinflußt. Das System stellt daher eine präzise Bestimmung des Zustands der Befeuchtung der Elektrolytmembranen zur Verfügung.

Noch ein weiterer Aspekt der Erfindung stellt ein Brennstoffzellensystem mit einer Brennstoffzelle vom Polymerelektrolyttyp zur Verfügung, die gebildet wird durch Stapeln von Einheitszellen, von denen jede eine Elektrolytmembran besitzt, die in einer Sandwich-Anordnung mit zwei Elektro-

den steht, wobei das System eine Brennstoffgaszuführung, die der Brennstoffzelle ein Brennstoffgas zuführt, einen Brennstoffgasbefeuchter, der das Brennstoffgas befeuchtet, einen Spannungsdetektor, der eine von der Brennstoffzelle abgegebene Spannung erfaßt, eine Brennstoffgaszuführungs-Änderungseinrichtung, die eine Menge des der Brennstoffzelle zugeführten Brennstoffgases verändert, und eine Befeuchtungszustandsbestimmungseinrichtung, die einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen bestimmt auf Basis einer ersten Spannung, die von dem Spannungsdetektor erfaßt wird, bevor die Menge des zugeführten Brennstoffgases durch die Brennstoffgaszuführungs-Änderungseinrichtung geändert wird, und einer zweiten Spannung, die durch den Spannungsdetektor erfaßt wird, nachdem die Menge des zugeführten Brennstoffgases durch die Brennstoffgaszuführungs-Änderungseinrichtung verändert wurde, einschließt.

Dieses Brennstoffzellensystem bestimmt einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen auf Basis der Spannung und der Menge des der Brennstoffzelle zugeführten Brennstoffgases, welcher ein Faktor ist, der den Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen beeinflusst. Das System stellt daher eine präzise Bestimmung des Zustands der Befeuchtung der Elektrolytmembranen zur Verfügung.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung stellt ein Brennstoffzellensystem mit einer Brennstoffzelle vom Polymerelektrolyttyp zur Verfügung, die gebildet wird durch Stapeln von Einheitszellen, von denen jede eine Elektrolytmembran besitzt, die in einer Sandwich-Anordnung mit zwei Elektroden steht, wobei das System eine Brennstoffgaszuführung, die der Brennstoffzelle ein Brennstoffgas zuführt, einen Brennstoffgasbefeuchter, der das Brennstoffgas befeuchtet, einen Spannungsdetektor, der eine von der Brennstoffzelle abgegebene Spannung erfaßt, eine Brennstoffgaszuführungs-Änderungseinrichtung, die eine Menge des der Brennstoffzelle zugeführten Brennstoffgases verändert, eine Befeuchtungszustandsbestimmungseinrichtung, die einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen bestimmt auf Basis einer ersten Spannungsänderung, die durch den Spannungsdetektor erfaßt wird, bevor die Menge des zugeführten Brennstoffgases durch die Brennstoffgaszuführungs-Änderungseinrichtung verändert wird, und einer zweiten Spannungsänderung, die von dem Spannungsdetektor erfaßt wird, nachdem die Menge des zugeführten Brennstoffgases durch die Brennstoffgaszuführungs-Änderungseinrichtung verändert wurde, einschließt.

In diesem Brennstoffzellensystem kann der Spannungsdetektor eine Spannung einer jeden Einheitszelle der Brennstoffzelle erfassen oder kann eine Spannung eines jeden Moduls, das mindestens zwei der Einheitszellen besitzt, erfassen. Eine Änderung in der Menge des der Brennstoffzelle zugeführten Brennstoffgases beeinflusst den Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen. Wenn der Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen sich ändert, erscheint die Änderung in der Veränderung (z. B. Varianz) der Spannungen der einzelnen Einheitszellen oder einzelnen Brennstoffzellenmodule.

Durch Bestimmung eines Zustands der Befeuchtung der Elektrolytmembranen auf Basis der Spannungen der Einheitszellen oder der Brennstoffzellenmodule, welche den Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen widerspiegeln, ist das System daher in der Lage, eine präzise Bestimmung des Zustands der Befeuchtung der Elektrolytmembranen zur Verfügung zu stellen.

In den oben beschriebenen Aspekten der Erfindung kann auf Basis der Bestimmung, die durch die Befeuchtungszustandsbestimmungseinrichtung gemacht wird, ein Befeuchtungsgrad in dem Brennstoffgas gesteuert werden. Auf diese

Weise kann der Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen eingestellt werden.

Darüber hinaus kann eine Abnormität des Brennstoffzellensystems erfaßt werden, wenn der Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen trotz der Steuerung des Zustands der Befeuchtung, die während einer vorbestimmten Zeitdauer durchgeführt wird, sich nicht ändert. Um eine Anzeige des Auftretens einer Abnormität zur Verfügung zu stellen, kann eine die Abnormität betreffende Information ausgegeben werden. Der Betrieb des Brennstoffzellensystems kann auch bei einer Erfassung einer Abnormität gestoppt werden. Es wird daher möglich, die Brennstoffzelle vor einer Schädigung oder dergleichen, die während des Betriebs in Gegenwart einer Abnormität möglicherweise auftreten kann, zu schützen.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die vorherigen und weiteren Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform unter Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen ersichtlich, in denen gleiche Ziffern verwendet werden, um gleiche Elemente zu bezeichnen, und wobei:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Aufbaus eines Brennstoffzellensystems gemäß der Erfindung ist;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Aufbaus einer Einheitszelle einer Brennstoffzelle ist;

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm ist, das eine Routine zur Steuerung der Befeuchtung veranschaulicht;

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm ist, das eine Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands veranschaulicht;

Fig. 5 ein Ablaufdiagramm ist, das eine andere Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands veranschaulicht;

Fig. 6 ein Ablaufdiagramm ist, das noch eine andere Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands veranschaulicht; und

Fig. 7 ein Ablaufdiagramm ist, das eine weitere Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands veranschaulicht.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Unter Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen wird nachfolgend eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung beschrieben.

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Aufbaus eines Brennstoffzellensystems gemäß der Erfindung. Ein Brennstoffzellensystem 20 besitzt eine Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle 30, die elektrische Energie erzeugt, wenn sie mit einem Brennstoffgas und einem oxidativen Gas versorgt wird, eine Brennstoffgaszuführvorrichtung 22 zum Zuführen des wasserstoffhaltigen Brennstoffgases zu der Brennstoffzelle 30, einen Brennstoffgasbefeuchter 23 zum Befeuchten des Brennstoffgases, eine Zuführvorrichtung 24 für das oxidative Gas zum Zuführen des sauerstoffhaltigen oxidativen Gases (z. B. Luft) zu der Brennstoffzelle 30, einen Befeuchter 25 für das oxidative Gas zum Befeuchten des oxidativen Gases, eine Kühlvorrichtung 50 zum Kühlen der Brennstoffzelle 30 und eine elektronische Steuereinheit 60 zur Steuerung des Betriebs des Brennstoffzellensystems 20.

Die Brennstoffgaszuführvorrichtung 22 kann zum Beispiel ein Reformier, der einen Kohlenwasserstoffbrennstoff wie Methanol, Methan oder dergleichen zu einem wasserstoffreichen Brennstoffgas reformiert und das wasserstoff-

reiche Brennstoffgas der Brennstoffzelle 30 zuführt, oder ein Brennstoffgas-Lagerungstank sein, der ein wasserstoffhaltiges Brennstoffgas lagert. Die Zuführvorrichtung 24 für das oxidative Gas kann eine Luftpumpe, die auf einfache Weise Luft zuführt, oder ein Lagerungstank für das oxidative Gas sein, der ein von Luft verschiedenes oxidatives Gas lagert. Die Brennstoffgaszuführvorrichtung 22 und die Zuführvorrichtung 24 für das oxidative Gas sind über Signalleitungen mit der elektronischen Steuereinheit 60 verbunden, so daß die elektronische Steuereinheit 60 die Menge des zugeführten Brennstoffgases und die Menge des zugeführten oxidativen Gases steuert.

Der Brennstoffgasbefeuchter 23 und der Befeuchter 25 für das oxidative Gas verdampfen Wasser, das aus einem Wassertank 26 gepumpt wird, und führen dem Brennstoffgas und dem oxidativen Gas Wasserdampf zu. Der Brennstoffgasbefeuchter 23 und der Befeuchter 25 für das oxidative Gas sind über Signalleitungen mit der elektronischen Steuereinheit 60 verbunden, so daß die elektronische Steuereinheit 60 die Menge an Feuchtigkeit oder den Grad der Befeuchtung im Brennstoffgas und die Menge an Feuchtigkeit oder den Grad der Befeuchtung in dem oxidativen Gas steuert.

Die Brennstoffzelle 30 ist eine Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle, die gebildet wird durch Stapeln einer Vielzahl an Einheitszellen 31. Fig. 2 ist eine schematische Darstellung einer Einheitszelle 31 der Brennstoffzelle 30. Wie in Fig. 2 aufgezeigt, besitzt eine Einheitszelle 31 eine Elektrolytmembran 32, die eine protonenleitende Membran ist, die aus einem Polymermaterial wie Fluorkohlenstoffharz oder dergleichen gebildet wird, und eine Anode 33 und eine Kathode 34, welches Gasdiffusionselektroden sind, die aus einem Kohlenstoffgewebe gebildet werden, das einen Platinkatalysator oder einen Legierungskatalysator, der aus Platin und einem oder mehreren anderen Metallen gebildet wird, trägt. Die Anode 33 und die Kathode 34 befinden sich in einer Sandwich-Anordnung zu der Elektrolytmembran 32, so daß die Elektrolytmembran 32 durch katalysatortragende Seitenflächen der Anode 33 und der Kathode 34 gehalten wird. Die Einheitszelle 31 schließt ferner zwei Separatoren 35 ein, die an gegenüberliegenden Seiten der oben beschriebenen Sandwichstruktur angeordnet sind. Zusammen mit der Anode 33 und der Kathode 34 definieren die Separatoren 35 Kanäle 36, 37 für das Brennstoffgas und das oxidative Gas. Die Separatoren 35 fungieren auch als Zwischenwände zwischen benachbarten Einheitszellen 31.

Die Brennstoffzelle 30 ist ausgestattet mit einem Voltmeter 40 und einem Strommesser 42 zum Erfassen der Spannung V und des Stroms I, die von der Brennstoffzelle 30 abgegeben werden, einem Brennstoffzellentemperatursensor 44 zum Erfassen der Temperatur der Brennstoffzelle 30, einem Drucksensor 46 zum Erfassen des Gasdrucks P des Brennstoffgases und des oxidativen Gases, einem Widerstandsdetektor 48 zum Erfassen des elektrischen Widerstands der Brennstoffzelle 30 und dergleichen. Diese Sensoren und dergleichen sind über Signalleitungen mit der elektronischen Steuereinheit 60 verbunden. Ein Beispiel des Verfahrens zur Bestimmung des Widerstands der Brennstoffzelle 30 ist eines, in dem der Widerstand der Brennstoffzelle 30 bestimmt wird aus einem Wert des Stroms von der Brennstoffzelle 30, der auftritt, wenn eine Wechselspannung an die Ausgangsanschlüsse der Brennstoffzelle 30 angelegt wird. Der Widerstand der Brennstoffzelle 30 kann grob in die Widerstände der Anoden 33, der Kathoden 34 und der Separatoren 35 und dem Widerstand, der auf der Protonenleitfähigkeit der Elektrolytmembranen 32 basiert, unterteilt werden. Die Widerstände der Anoden 33, der Kathoden 34 und der Separatoren 35 bleiben, unabhängig da-

von, ob die Komponenten befeuchtet sind, unverändert, da die Anoden 33, die Kathoden 34 und die Separatoren 35 aus elektrisch leitfähigen Materialien gebildet sind. Im Gegensatz dazu verändert sich die Protonenleitfähigkeit der Elektrolytmembranen 32 merklich in Abhängigkeit davon, ob die Elektrolytmembranen 32 feucht sind. Daher spiegelt der Wert des Widerstands der Brennstoffzelle 30 den Grad der Feuchtigkeit der Elektrolytmembranen 32 wider.

Die Auslaßrohrleitungen der Brennstoffzelle 30 für das Brennstoffgas und das oxidative Gas sind mit Druckregulierventilen 27, 28 ausgestattet, so daß der Druck des Brennstoffgases und der Druck des oxidativen Gases in der Brennstoffzelle 30 eingestellt werden können. Aktuatoren 27a, 28a der Druckregulierventile 27, 28 sind über Signalleitungen mit der elektronischen Steuereinheit 60 verbunden, so daß die Aktuatoren 27a, 28a durch die elektronische Steuereinheit 60 angetrieben und gesteuert werden.

Die Kühlvorrichtung 50 besitzt eine Kühlplatte, die in der Brennstoffzelle 30 angeordnet ist, einen Kühlwasserkanal 52, der einen in der Kühlplatte ausgebildeten Kühlwasserdurchfluß und einen Zirkulationskanal ausbildet, einen Wärmetauscher 56, der in dem Kühlwasserkanal 52 angeordnet ist, zum Kühlen des Kühlwassers durch Wärmeaustausch mit der Außenluft, eine Kühlwasserpumpe 54 zum Zirkulieren des Kühlwassers durch den Zirkulationskanal und einen Kühlwassertemperatursensor 58 zum Erfassen der Temperatur des Kühlwassers nahe einer Auslaßöffnung der Brennstoffzelle 30. Die Kühlwasserpumpe 54 und der Kühlwassertemperatursensor 58 sind über Signalleitungen mit der elektronischen Steuereinheit 60 verbunden, so daß die elektronische Steuereinheit 60 die Kühlung der Brennstoffzelle 30 steuert. Das heißt, basierend auf der Kühlwassertemperatur, die von dem Kühlwassertemperatursensor 58 erfaßt wird, betreibt die elektronische Steuereinheit 60 die Kühlwasserpumpe 54, um so den Fluß des zirkulierenden Kühlwassers zu steuern.

Die elektronische Steuereinheit 60 ist als ein Einchip-Mikroprozessor ausgebildet, der als eine Hauptkomponente eine CPU 62 besitzt. Die elektronische Steuereinheit 60 besitzt ferner einen ROM 64, der Verarbeitungsprogramme speichert, einen RAM 66 zur zeitlich begrenzten Datenspeicherung und Einlaß- und Auslaßanschlüsse (nicht aufgezeigt). Die Temperaturen und Flüsse des Brennstoffgases und des oxidativen Gases, die von der Brennstoffgaszuführvorrichtung 22 und der Zuführvorrichtung 24 für das oxidative Gas zugeführt werden, werden von Thermometern (nicht aufgezeigt) und Durchflußmessern (nicht aufgezeigt) über Eingangsanschlüsse in die elektronische Steuereinheit 60 eingegeben. Die elektronische Steuereinheit 60 empfängt über Eingangsanschlüsse ferner Informationen hinsichtlich der Betriebsbedingungen des Brennstoffgasbefeuchters 23 und der Zuführvorrichtung 24 für das oxidative Gas, der Spannung V von dem Voltmeter 40, des Stroms I von dem Strommesser 42, der Temperatur von dem Brennstoffzellentemperatursensor 44, des Gasdrucks P von dem Drucksensor 46, des Widerstandswerts von dem Widerstandsdetektor 48, der Temperatur von dem Kühlwassertemperatursensor 58 und dergleichen. Die elektronische Steuereinheit 60 gibt über Ausgangsanschlüsse Steuersignale zu der Brennstoffgaszuführvorrichtung 22, der Zuführvorrichtung 24 für das oxidative Gas, dem Brennstoffgasbefeuchter 23, dem Befeuchter 25 für das oxidative Gas und der Kühlwasserpumpe 54 aus und gibt ein Signal zum Einschalten einer Anzeigelampe 68 und dergleichen aus.

Es wird der Betrieb des wie oben beschrieben konstruierten Brennstoffzellensystems 20 und insbesondere die Steuerung der Befeuchtung der Brennstoffzelle 30 beschrieben. Fig. 3 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Routine zur Steue-

zung der Befeuchtung darstellt, die von der elektronischen Steuereinheit 60 des Brennstoffzellensystems 20 ausgeführt wird. Diese Routine wird an jedem vorbestimmten Zeitpunkt während einer Periode durchgeführt, die sofort nach dem Beginn des Betriebs des Brennstoffzellensystems 20 beginnt; und die endet, wenn der Betrieb des Brennstoffzellensystems 20 gestoppt wird.

Wenn die Routine zur Steuerung der Befeuchtung gestartet wird, führt die CPU 62 einen Prozeß zur Bestimmung eines Befeuchtungszustands der Elektrolytmembranen 32 aus. Der Bestimmungsprozeß des Schritts S100 wird, wie in jeder der Fig. 4 bis 7 dargestellt, durch eine Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands (die später ausführlich beschrieben wird) durchgeführt. Die Bestimmungsroutine gibt eine von drei Ergebnissen aus, das heißt, "geeignete Befeuchtung"; "unzureichende Befeuchtung" und "übermäßige Befeuchtung".

Wenn die Bestimmung, die von dem Prozeß zur Bestimmung des Befeuchtungszustands des Schritts S100 durchgeführt wird, eine "geeignete Befeuchtung" ist, setzt die CPU 62 in den Schritten S104 und S106 einen Zähler C1 und einen Zähler C2 zurück. Wenn die Bestimmung eine "unzureichende Befeuchtung" ist, führt die CPU 62 im Schritt S108 einen Prozeß zur Unterbrechung der unzureichenden Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 aus und erhöht im Schritt S110 den Zähler C1.

Beispiele des Prozesses zur Unterbrechung der unzureichenden Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 schließen ein:

(A1) einen Prozeß der Erhöhung des Befeuchtungsgrads im Brennstoffgas und oxidativen Gas unter Verwendung des Brennstoffgasbefeuchters 23 und des Befeuchters 25 für das oxidative Gas;

(A2) einen Prozeß der Erhöhung des Gasdrucks P des Brennstoffgases und des oxidativen Gases in der Brennstoffzelle 30 durch Schließen der Druckregulerventile 27, 28;

(A3) einen Prozeß der Verringerung der Betriebstemperatur der Brennstoffzelle 30 durch Erhöhen des Flusses des Kühlwassers, das mittels der Kühlwasserpumpe 54 der Kühlvorrichtung 50 zirkuliert wird; und

(A4) einen Prozeß der Verringerung der Mengen an Brennstoffgas und oxidativem Gas, die der Brennstoffzelle 30 von der Brennstoffgaszufuhrvorrichtung 22 und der Zufuhrvorrichtung 24 für das oxidative Gas zugeführt werden.

Der Prozeß (A1) unterbricht direkt die unzureichende Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 durch ein Erhöhen des Befeuchtungsgrads im Brennstoffgas und oxidativen Gas. Der Prozeß (A2) unterbricht die unzureichende Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 basierend auf einer Tatsache, daß erhöhte Gasdrücke den Wasserdampfdruck im Brennstoffgas und oxidativen Gas erhöhen. Der Prozeß (A3) unterbricht eine unzureichende Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 basierend auf einer Tatsache, daß eine verringerte Betriebstemperatur der Brennstoffzelle 30 die Brennstoffgastemperatur und die Temperatur des oxidativen Gases verringert und dadurch die Wasserdampfdrücke im Brennstoffgas und oxidativen Gas zunehmen. Der Prozeß (A4) unterbricht eine unzureichende Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 basierend auf einer Tatsache, daß verringerte Mengen an zugeführtem Brennstoffgas und oxidativem Gas eine Wasserverdampfung von den Elektrolytmembranen 32 reduzieren. Von solchen verschiedenen Prozessen zur Unterbrechung einer unzureichenden Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 kann entweder ein einzelner Pro-

zeß oder eine Kombination aus zwei oder mehreren Prozessen gewählt werden. Es ist ebenfalls möglich, den oder die durchzuführenden Prozesse für jeden Ausführungszyklus der Routine zur Steuerung der Befeuchtung sequentiell zu ändern.

Wenn der im Schritt S102 bestimmte Befeuchtungszustand eine "übermäßige Befeuchtung" ist, führt die CPU 62 im Schritt S112 einen Prozeß zur Unterbrechung der übermäßigen Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 durch und erhöht im Schritt S114 den Zähler C2.

Beispiele des Prozesses zur Unterbrechung einer übermäßigen Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 schließen ein:

(B1) einen Prozeß der Verringerung des Befeuchtungsgrads im Brennstoffgas und oxidativen Gas unter Verwendung des Brennstoffgasbefeuchters 23 und des Befeuchters 25 für das oxidative Gas;

(B2) einen Prozeß der Verringerung des Gasdrucks P des Brennstoffgases und oxidativen Gases in der Brennstoffzelle 30 durch Öffnen der Druckregulerventile 27, 28;

(B3) einen Prozeß der Erhöhung der Betriebstemperatur der Brennstoffzelle 30 durch Verringerung des Flusses des Kühlwassers, das mittels der Kühlwasserpumpe 54 der Kühlvorrichtung 50 zirkuliert wird; und

(B4) einen Prozeß zur Erhöhung der Mengen an zugeführtem Brennstoffgas und oxidativem Gas zu der Brennstoffzelle 30 von der Brennstoffgaszufuhrvorrichtung 22 und der Zufuhrvorrichtung 24 für das oxidative Gas.

Der Prozeß (B1) unterbricht direkt eine übermäßige Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 durch eine Verringerung der Befeuchtungsgrade im Brennstoffgas und oxidativen Gas. Der Prozeß (B2) unterbricht eine übermäßige Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 auf Basis einer Tatsache, daß verringerte Gasdrücke die Wasserdampfdrücke im Brennstoffgas und oxidativen Gas verringern. Der Prozeß (B3) unterbricht eine übermäßige Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 auf Basis einer Tatsache, daß eine erhöhte Betriebstemperatur der Brennstoffzelle 30 die Brennstoffgastemperatur und die Temperatur des oxidativen Gases erhöht und dadurch die Wasserdampfdrücke im Brennstoffgas und oxidativen Gas abnehmen. Der Prozeß (B4) unterbricht eine übermäßige Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 auf Basis einer Tatsache, daß erhöhte Mengen an zugeführtem Brennstoffgas und oxidativem Gas eine Wasserverdampfung von den Elektrolytmembranen 32 beschleunigen. Von solchen verschiedenen Prozessen zur Unterbrechung einer übermäßigen Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 kann entweder ein einzelner Prozeß oder eine Kombination aus zwei oder mehreren Prozessen gewählt werden. Es ist auch möglich, für jeden Ausführungszyklus der Routine zur Steuerung der Befeuchtung den oder die durchzuführenden Prozesse sequentiell zu ändern.

Der Zählwert des Zählers C1 wird erhöht, wenn der Prozeß zur Unterbrechung einer unzureichenden Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 sequentiell durchgeführt wurde. Gleichmaßen zeigt der Zähler C2 die Anzahl an, wie oft der Prozeß zur Unterbrechung einer übermäßigen Befeuchtung sequentiell durchgeführt wurde.

Nach einer Erhöhung des Zählwerts von C1 oder C2 im Anschluß an den Prozeß zur Unterbrechung einer unzureichenden Befeuchtung oder einer übermäßigen Befeuchtung, entsprechend dem Ergebnis der Bestimmung des Befeuchtungszustands der Elektrolytmembranen 32, vergleicht die CPU 62 im Schritt S116 den Zählwert C1, C2 mit einem



Schwellwert Cref. Der Schwellwert Cref wird voreingestellt auf Basis der Anzahl der Ausführungen des Prozesses oder der Zeitmenge, die notwendig ist, damit der Prozeß zur Unterbrechung einer unzureichenden oder übermäßigen Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 als in ausreichendem Maße durchgeführt angesehen werden kann. Wenn daher der Zählwert C1 oder C2 gleich oder größer als der Schwellwert Cref ist, bestimmt die CPU 62, daß eine Abnormalität in dem Brennstoffzellensystem 20 aufgetreten ist, und schaltet im Schritt S118 die Anzeigelampe 68 an, um eine Betriebsperson von der Abnormalität zu informieren. Anschließend stoppt die CPU 62 im Schritt S120 den Betrieb des Brennstoffzellensystems 20, um die Brennstoffzelle 30 und dergleichen zu schützen. Diese Routine endet dann. Wenn umgekehrt beide Zählwerte C1, C2 kleiner als der Schwellwert Cref sind, bestimmt die CPU 62, daß im Brennstoffzellensystem 20 keine Abnormalität vorliegt und beendet die Routine dann.

Wie aus der obigen Beschreibung ersichtlich ist, ist das Brennstoffzellensystem 20 gemäß der Erfindung in der Lage, den Befeuchtungszustand der Elektrolytmembranen 32 basierend auf dem Ergebnis einer Bestimmung des Befeuchtungszustands der Elektrolytmembranen 32 zu steuern, indem die in Fig. 3 veranschaulichte Routine zur Steuerung der Befeuchtung durchgeführt wird. Eine unzureichende Befeuchtung oder eine übermäßige Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 können zum Beispiel durch irgendeinen oder mehrere der Prozesse (A1)–(A4) oder der Prozesse (B1)–(B4) unterbrochen werden.

Ferner ist durch ein Ausführen der Routine zur Steuerung der Befeuchtung, die in Fig. 3 dargestellt ist, das Brennstoffzellensystem 20 in der Lage, zu bestimmen, daß eine Abnormalität in dem System aufgetreten ist; wenn eine unzureichende Befeuchtung oder eine übermäßige Befeuchtung nicht unterbrochen wird, trotz einer wiederholten Durchführung des Prozesses zur Unterbrechung einer unzureichenden oder übermäßigen Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32. In einem solchen Fall informiert das Brennstoffzellensystem 20 eine Betriebsperson von dem Auftreten einer Abnormalität und stoppt den Betrieb des Brennstoffzellensystems 20. Daher macht es das Brennstoffzellensystem 20 für eine Betriebsperson möglich, schnell das Auftreten einer Abnormalität zu erkennen, und ist in der Lage, zum Beispiel eine Schädigung des Brennstoffzellensystems 20 zu verhindern, welche verursacht werden kann, wenn der Betrieb des Brennstoffzellensystems 20 in Gegenwart einer Abnormalität fortgeführt wird.

Es wird nun die Durchführung des Schritts S100 in Fig. 3 beschrieben, das heißt, des Prozesses zur Bestimmung eines Befeuchtungszustands der Elektrolytmembranen 32. Die Fig. 4 bis 7 sind Ablaufdiagramme, welche Beispiele einer Routine zur Bestimmung eines Befeuchtungszustands darstellen, die einen Befeuchtungszustand der Elektrolytmembranen 32 bestimmen. Im Schritt S100 in Fig. 3 kann irgendeine oder mehrere der vier Routinen zur Bestimmung eines Befeuchtungszustands durchgeführt werden. Es ist auch möglich, für jeden Ausführungszyklus der in Fig. 3 dargestellten Routine zur Steuerung der Befeuchtung den oder die durchzuführenden Prozesse sequentiell zu ändern.

Die in den Fig. 4 bis 7 dargestellten Routinen zur Bestimmung eines Befeuchtungszustands werden nachfolgend einzeln beschrieben.

Wenn die in Fig. 4 dargestellte Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands gestartet wird, liest die CPU 62 im Schritt S200 einen Ausgangsstrom I der Brennstoffzelle 30, der von dem Strommesser 42 erfaßt wird, und einen Widerstand R der Brennstoffzelle 30, der von dem Widerstandsdetektor 48 erfaßt wird, ein. Anschließend vergleicht

die CPU 62 im Schritt S202 den Strom I mit einem vorbestimmten Strom Iset. Wenn der Strom I nicht gleich dem vorbestimmten Strom Iset ist, geht die CPU 62 zurück zum Schritt S200. Der vorbestimmte Strom Iset wird auf einen gewöhnlichen Stromwert, der weder besonders groß noch klein ist, voreingestellt. Daher ist der von der Brennstoffzelle 30 abgegebene Strom I oft gleich dem vorbestimmten Strom Iset.

Wenn der Strom I gleich dem vorbestimmten Strom Iset ist, ersetzt die CPU 62 im Schritt S204 den vorherigen Widerstand R0 gegen den im Schritt S200 erfaßten Widerstand R. Anschließend liest die CPU 62 im Schritt S206 einen von dem Widerstandsdetektor 48 erfaßten Widerstand R der Brennstoffzelle 30 ein. Im Schritt S208 setzt die CPU 62 einen Differentialwert  $dR/dt$  auf einen Wert, der erhalten wird durch Dividieren der Differenz des momentan eingelesenen Widerstands R von dem vorherigen Widerstand R0 durch eine infinitesimale Zeit  $\Delta t$ . Die infinitesimale Zeit  $\Delta t$  ist auf eine Zeit eingestellt, die zwischen dem Einlesen des Widerstands R, das im Schritt S200 durchgeführt wird, wenn der Strom I gleich dem vorbestimmten Strom Iset ist, und dem Einlesen des Widerstands R im Schritt S206 verstreicht. Die infinitesimale Zeit  $\Delta t$  wird bestimmt gemäß der Leistungsfähigkeit der CPU 62 der elektronischen Steuereinheit 60 und den Inhalten der Verarbeitungen, die von der CPU 62 parallel ausgeführt werden, und dergleichen.

Nach der Berechnung im Schritt S208 bestimmt die CPU 62 im Schritt S210, ob der Differentialwert  $dR/dt$  innerhalb eines geeigneten Befeuchtungsbereichs liegt, der zwischen einem Schwellwert  $\alpha$  und einem Schwellwert  $\beta$  eingestellt ist. Wenn die Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 unzureichend ist, nimmt die Protonenleitfähigkeit der Elektrolytmembranen 32 ab, so daß die Antwort auf geringe Änderungen des Befeuchtungszustands der Elektrolytmembranen 32 träge wird und daher der Differentialwert  $dR/dt$  klein wird. Wenn im Gegensatz dazu die Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 übermäßig ist, nimmt die Protonenleitfähigkeit der Elektrolytmembranen 32 zu, so daß die Antwort auf Änderungen des Befeuchtungszustands der Elektrolytmembranen 32 schnell ist, sogar wenn eine derartige Änderung gering ist, und der Differentialwert  $dR/dt$  wird daher groß. Daher kann der Befeuchtungszustand der Elektrolytmembranen 32 bestimmt werden durch Bestimmen eines Differentialwerts  $dR/dt$ , wenn der Befeuchtungszustand der Elektrolytmembranen 32 innerhalb des geeigneten Bereichs liegt, und Einstellen eines geeigneten Befeuchtungsbereichs durch die Verwendung des Schwellwerts  $\alpha$  und des Schwellwerts  $\beta$  als eine untere Grenze bzw. eine obere Grenze, und Vergleichen des berechneten Differentialwerts  $dR/dt$  mit dem geeigneten Befeuchtungsbereich.

Wenn der Differentialwert  $dR/dt$  innerhalb des geeigneten Befeuchtungsbereichs liegt, bestimmt die CPU 62 im Schritt S212, daß die Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 geeignet ist (geeignete Befeuchtung). Wenn der Differentialwert  $dR/dt$  gleich oder geringer als der Schwellwert  $\alpha$  ist, bestimmt die CPU 62 im Schritt S214, daß die Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 unzureichend ist (unzureichende Befeuchtung). Wenn der Differentialwert  $dR/dt$  gleich oder größer als der Schwellwert  $\beta$  ist, bestimmt die CPU 62 im Schritt S216, daß die Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 übermäßig ist (übermäßige Befeuchtung). Diese Routine endet dann.

Durch die Durchführung der in Fig. 4 veranschaulichten Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands ist das Brennstoffzellensystem 20 in der Lage, einen Befeuchtungszustand der Elektrolytmembranen 32 auf Basis des von der Brennstoffzelle 30 abgegebenen Stroms I und des Widerstands R der Brennstoffzelle 30 zu bestimmen. Da dar-

über hinaus der Widerstand R der Brennstoffzelle 30 direkt den Befeuchtungszustand der Elektrolytmembranen 32 widerspiegelt, kann der Befeuchtungszustand der Elektrolytmembranen 32 genauer bestimmt werden.

Als nächstes wird eine in Fig. 5 veranschaulichte Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands beschrieben. Wenn diese Routine gestartet wird, erhöht die CPU 62 im Schritt S300 zuerst die Menge des oxidativen Gases, das von der Zufuhrvorrichtung 24 für das oxidative Gase der Brennstoffzelle 30 zugeführt wird. Anschließend wiederholt die CPU 62 die Sequenz des Schritts S301 des Einlesens des von dem Strommesser 42 erfaßten Stroms I und der von dem Voltmeter 40 erfaßten Spannung V und des Schritts S302 des Vergleichens des eingelesenen Stroms I mit einem vorbestimmten Strom  $I_{set}$ , bis der erfaßte Strom I gleich dem vorbestimmten Strom  $I_{set}$  ist. Der vorbestimmte Strom  $I_{set}$  ist derselbe wie der vorbestimmte Strom  $I_{set}$ , der in der in Fig. 4 veranschaulichten Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands verwendet wird.

Wenn der erfaßte Strom I gleich dem vorbestimmten Strom  $I_{set}$  ist, ersetzt die CPU 62 im Schritt S304 die vorherige Spannung V0 gegen die im Schritt S301 erfaßte Spannung V. Anschließend liest die CPU 62 im Schritt S306 eine von dem Voltmeter 40 erfaßte Spannung V ein. Im Schritt S308 setzt die CPU 62 einen Differentialwert  $dV/dt$  auf einen Wert, der erhalten wird durch Dividieren der Differenz der momentan eingelesenen Spannung V von der vorherigen Spannung V0 durch eine infinitesimale Zeit  $\Delta t$ . Wie in der in Fig. 4 veranschaulichten Routine ist die infinitesimale Zeit  $\Delta t$  auf eine Zeit eingestellt, die zwischen dem Einlesen der Spannung V, das im Schritt S301 durchgeführt wird, wenn der Strom I gleich dem vorbestimmten Strom  $I_{set}$  ist, und dem Einlesen der Spannung V im Schritt S306 verstreicht.

Nach Bestimmung des Differentialwerts  $dV/dt$  bestimmt die CPU 62 im Schritt S310, ob der Differentialwert  $dV/dt$  innerhalb eines geeigneten Befeuchtungsbereichs liegt, der zwischen einem Schwellwert  $\gamma$  und einem Schwellwert  $\delta$  eingestellt ist. Wenn die Menge des zugeführten oxidativen Gases im Schritt S300 erhöht wird, wird die Wasserverdampfung von den Elektrolytmembranen 32 beschleunigt. Wenn die Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 unzureichend ist, ändert sich die Protonenleitfähigkeit der Elektrolytmembranen 32 nicht signifikant, selbst wenn die Wasserverdampfung von den Elektrolytmembranen 32 beschleunigt ist, was eine weitergehende unzureichende Befeuchtung bewirkt. In diesem Fall wird daher der Differentialwert  $dV/dt$  klein. Wenn im Gegensatz dazu die Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 übermäßig ist, bringt die Beschleunigung der Wasserverdampfung von den Elektrolytmembranen 32 den Zustand näher an eine geeignete Befeuchtung, so daß die Protonenleitfähigkeit der Elektrolytmembranen 32 zunimmt. In diesem Fall wird daher der Differentialwert  $dV/dt$  groß. Der Befeuchtungszustand der Elektrolytmembranen 32 kann daher bestimmt werden durch Bestimmen eines Differentialwerts  $dV/dt$ , wenn der Befeuchtungszustand der Elektrolytmembranen 32 innerhalb des geeigneten Bereichs liegt, und Einstellen eines geeigneten Befeuchtungsbereichs durch die Verwendung des Schwellwerts  $\gamma$  und des Schwellwerts  $\delta$  als eine untere Grenze bzw. eine obere Grenze und Vergleichen des berechneten Differentialwerts  $dV/dt$  mit dem geeigneten Befeuchtungsbereich.

Wenn der Differentialwert  $dV/dt$  innerhalb des geeigneten Befeuchtungsbereichs liegt, bestimmt die CPU 62 im Schritt S312, daß die Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 geeignet ist (geeignete Befeuchtung). Wenn der Differentialwert  $dV/dt$  gleich oder geringer als der Schwellwert  $\gamma$  ist, bestimmt die CPU 62 im Schritt S314, daß die Be-

feuchtung der Elektrolytmembranen 32 unzureichend ist (unzureichende Befeuchtung). Wenn der Differentialwert  $dV/dt$  gleich oder größer als der Schwellwert  $\delta$  ist, bestimmt die CPU 62 im Schritt S316, daß die Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 übermäßig ist (übermäßige Befeuchtung). Diese Routine endet dann.

Durch Ausführen der in Fig. 5 veranschaulichten Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands ist das Brennstoffzellensystem 20 in der Lage, einen Befeuchtungszustand der Elektrolytmembranen 32 auf Basis der Spannung V und des Stroms I, die von der Brennstoffzelle 30 abgegeben werden, wenn die Menge des der Brennstoffzelle 30 zugeführten oxidativen Gases erhöht wird, zu bestimmen.

In der vorangegangenen Routine kann die Menge des der Brennstoffzelle 30 zugeführten Brennstoffgases mit Erhöhungen der Menge an der Brennstoffzelle 30 zugeführtem oxidativem Gas erhöht werden.

Als nächstes wird eine in Fig. 6 veranschaulichte Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands beschrieben. Wenn diese Routine gestartet wird, liest die CPU 62 im Schritt S400 zuerst eine von dem Voltmeter 40 erfaßte Spannung V ein. Anschließend ersetzt die CPU 62 im Schritt S402 die vorherige Spannung V0 durch die eingelesene Spannung V. Nach einem Erhöhen der Menge an der Brennstoffzelle 30 zugeführtem oxidativem Gas im Schritt S404 liest die CPU 62 im Schritt S406 wiederum eine Spannung V ein. Anschließend berechnet die CPU 62 im Schritt S408 eine Spannungsabweichung  $\Delta V$  durch Subtrahieren der vorherigen Spannung V0 von der eingelesenen Spannung V.

Anschließend überprüft die CPU 62 im Schritt S410, ob die Spannungsabweichung  $\Delta V$  ein negativer Wert ist. Wenn die Menge an der Brennstoffzelle 30 zugeführtem oxidativem Gas erhöht wird, wird die Wasserverdampfung von den Elektrolytmembranen 32 beschleunigt. Wenn jedoch die Elektrolytmembranen 32 geeignet befeuchtet sind, verändert eine Beschleunigung der Verdampfung von den Elektrolytmembranen 32 bis zu einem bestimmten Ausmaß nicht signifikant die von der Brennstoffzelle 30 abgegebene Spannung V. Wenn sich im Schritt S410 ergibt, daß die Spannungsabweichung  $\Delta V$  gleich oder größer als "0" ist, bestimmt die CPU 62 im Schritt S412, daß die Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 geeignet ist (geeignete Befeuchtung). Wenn die Elektrolytmembranen 32 unzureichend befeuchtet sind, verschlimmert eine Erhöhung der Menge an der Brennstoffzelle 30 zugeführtem oxidativem Gas die Unzulänglichkeit der Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32, so daß die von der Brennstoffzelle 30 abgegebene Spannung V noch weiter abnimmt. Wenn sich daher im Schritt S410 ergibt, daß die Spannungsabweichung  $\Delta V$  geringer als "0" ist, bestimmt die CPU 62 im Schritt S414, daß die Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 unzureichend ist (unzureichende Befeuchtung). Die Routine endet dann.

Durch Ausführen der in Fig. 6 veranschaulichten Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands ist die CPU 62 in der Lage, einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 auf Basis der von der Brennstoffzelle 30 abgegebenen Spannung V, wenn die Menge an der Brennstoffzelle 30 zugeführtem oxidativem Gas erhöht wird, zu bestimmen.

Obwohl lediglich die Menge an der Brennstoffzelle 30 zugeführtem oxidativem Gas in der in Fig. 6 veranschaulichten Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands erhöht wird, ist es auch möglich, die Menge an der Brennstoffzelle 30 zugeführtem Brennstoffgas mit einer Erhöhung der Menge an der Brennstoffzelle 30 zugeführtem oxidativem Gas zu erhöhen.

Als nächstes wird eine in Fig. 7 veranschaulichte Routine

zur Bestimmung des Befeuchtungszustands beschrieben. Zur Ausführung dieser Routine ist es erforderlich, daß das Voltmeter 40 der Brennstoffzelle 30 die Spannung einer jeden Einheitszelle 31 erfaßt. Die nachfolgende Beschreibung wird unter der Annahme gemacht, daß das Voltmeter die Spannung V einer jeden Einheitszelle 31 der Brennstoffzelle 30 erfaßt.

Wenn die in Fig. 7 veranschaulichte Routine gestartet wird, liest die CPU 62 im Schritt S500 zuerst die von dem Voltmeter 40 erfaßte Spannung V einer jeden Einheitszelle 31 der Brennstoffzelle 30 ein. Anschließend berechnet die CPU 62 im Schritt S502 eine Varianz  $\sigma_0$  der eingelesenen Spannungen V der einzelnen Einheitszellen 31. Nach einer Erhöhung der Menge an der Brennstoffzelle 30 zugeführtem oxidativem Gas im Schritt S504 liest die CPU 62 im Schritt S506 erneut die von dem Voltmeter 40 erfaßte Spannung V einer jeden Einheitszelle 31 ein. Anschließend berechnet die CPU 62 im Schritt S508 eine Varianz  $\sigma_1$  der eingelesenen Spannungen V der Einheitszellen 31.

Anschließend vergleicht die CPU 62 im Schritt S510 die berechneten Varianzen  $\sigma_0$  und  $\sigma_1$ . Wenn die Menge an der Brennstoffzelle 30 zugeführtem oxidativem Gas erhöht wird; um die Wasserverdampfung von den Elektrolytmembranen 32 zu beschleunigen, verändert sich der Zustand der Elektrolytmembranen 32 von einem übermäßig befeuchteten Zustand zu einem geeignet befeuchteten Zustand, so daß die Abweichung (Varianz) der Spannungen V der Einheitszellen 31 abnimmt. Wenn daher die Varianz  $\sigma_0$  gleich oder geringer als die Varianz  $\sigma_1$  ist, bestimmt die CPU 62 im Schritt S512, daß die Elektrolytmembranen 32 geeignet befeuchtet sind (geeignete Befeuchtung). Wenn die Varianz  $\sigma_0$  größer als die Varianz  $\sigma_1$  ist, bestimmt die CPU 62 im Schritt S514, daß die Elektrolytmembranen 32 übermäßig befeuchtet sind (übermäßige Befeuchtung). Die Routine endet dann.

Durch Ausführen der in Fig. 7 veranschaulichten Routine zur Bestimmung des Befeuchtungszustands ist die CPU 62 in der Lage, einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 auf Basis der Abweichung der Spannungen V der einzelnen Einheitszellen 31 der Brennstoffzelle 30, die vor und nach einer Erhöhung der der Brennstoffzelle 30 zugeführten Menge an oxidativem Gas auftritt, zu bestimmen.

In der oben beschriebenen Routine kann die Menge an der Brennstoffzelle 30 zugeführtem Brennstoffgas mit einer Erhöhung der Menge an der Brennstoffzelle 30 zugeführtem oxidativem Gas auch erhöht werden.

Wenn darüber hinaus die oben beschriebene Routine auf ein Brennstoffzellensystem angewendet wird, das eine Vielzahl an Modulen einschließt, von denen jedes durch eine Vielzahl an Einheitszellen gebildet wird, ist es auch möglich, einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen 32 basierend auf der Abweichung (Varianz) der von den einzelnen Modulen abgegebenen Spannungen zu bestimmen.

Während die vorliegende Erfindung unter Bezug auf das, was derzeit als eine bevorzugte Ausführungsform davon betrachtet wird, beschrieben wurde, ist es selbstverständlich, daß die Erfindung nicht auf die offenbarte Ausführungsform oder Konstruktionen beschränkt ist. In Gegensatz dazu beabsichtigt die Erfindung, verschiedene Modifikationen und äquivalente Anordnungen abzudecken.

Es läßt sich zusammenfassen, daß in einem Polymerelektrolyt-Brennstoffzellensystem (20) ein Zustand der Befeuchtung von Elektrolytmembranen präzise bestimmt wird und eine Regulierung durchgeführt wird, so daß der Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen im wesentlichen innerhalb eines geeigneten Bereichs bleibt. Das System be-

stimmt einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen der Brennstoffzelle basierend auf einem Differentialwert des Widerstands der Brennstoffzelle, der von einem Widerstandsdetektor (48) erfaßt wird, wenn der von der Brennstoffzelle abgegebene elektrische Strom gleich einem vorbestimmten Wert ist. Der Strom der Zelle wird von einem Strommesser erfaßt. Die Brennstoffzelle wird gebildet durch Stapeln von elektrisch leitfähigen Elektroden und Separatoren und protonenleitfähigen Elektrolytmembranen. Die elektrische Leitfähigkeit der Elektroden und der Separatoren wird nicht durch deren Befeuchtungszustand beeinflusst, wohingegen sich die Protonenleitfähigkeit der Elektrolytmembranen abhängig von dem Zustand ihrer Befeuchtung in großem Maße ändert. Daher stellt die Änderungsrate des Widerstands der Brennstoffzelle direkt die Änderungsrate der Protonenleitfähigkeit der Elektrolytmembranen dar, so daß der Befeuchtungszustand der Elektrolytmembranen präzise bestimmt werden kann.

#### Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (20) mit einer Brennstoffzelle (30) vom Polymerelektrolyttyp, die gebildet wird durch Stapeln von Einheitszellen (31), von denen jede eine Elektrolytmembran besitzt, die in einer Sandwich-Anordnung mit zwei Elektroden (33, 34) steht, wobei das Brennstoffzellensystem (20) dadurch charakterisiert ist, daß es folgendes umfaßt:  
Brennstoffgaszufuhrmittel (22), das mit der Brennstoffzelle (30) verbunden ist;  
Brennstoffgasbefeuchtungsmittel (23);  
Mittel (42) zum Erfassen des von der Brennstoffzelle abgegebenen elektrischen Stroms;  
Mittel (48) zum Erfassen des Brennstoffzellenwiderstands; und  
Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) zum Bestimmen eines Zustands der Befeuchtung der Elektrolytmembranen basierend auf dem von dem Stromerfassungsmittel (42) erfaßten Strom und dem von dem Widerstandserfassungsmittel (48) erfaßten Widerstand.
2. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 1, wobei das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen (32) basierend auf einer Änderung des von dem Widerstandserfassungsmittel (48) erfaßten Widerstands über die Zeit bestimmt, wenn der von dem Stromerfassungsmittel (42) erfaßte Strom gleich einem vorbestimmten Wert ist.
3. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 2, wobei das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen 32 unzureichend befeuchtet sind, wenn die Änderung des Widerstands über die Zeit gleich oder geringer als ein erster vorbestimmter Wert ist, und wobei das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen (32) übermäßig befeuchtet sind, wenn die Änderung des Widerstands über die Zeit gleich oder größer als ein zweiter vorbestimmter Wert ist, der größer als der erste vorbestimmte Wert ist.
4. Brennstoffzellensystem (20) mit einer Brennstoffzelle (30) vom Polymerelektrolyttyp, die gebildet wird durch Stapeln von Einheitszellen (31), von denen jede eine Elektrolytmembran (32) besitzt, die in einer Sandwich-Anordnung mit zwei Elektroden (33, 34) steht, wobei das Brennstoffzellensystem (20) dadurch charakterisiert ist, daß es folgendes umfaßt:  
Brennstoffgaszufuhrmittel (22), das mit der Brennstoffzelle (30) verbunden ist;



Brennstoffgasbefeuchtungsmittel (23);  
 Mittel (42) zum Erfassen des von der Brennstoffzelle abgegebenen elektrischen Stroms;  
 Mittel (40) zum Erfassen der von der Brennstoffzelle abgegebenen elektrischen Spannung;  
 Mittel (60) zum Ändern der Brennstoffgaszuführung der Brennstoffzelle; und  
 Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) zum Bestimmen eines Zustands der Befeuchtung der Elektrolytmembranen (32) basierend auf dem Strom und der Spannung, die von dem Stromerfassungsmittel (42) bzw. dem Spannungserfassungsmittel (40) erfaßt werden, wenn die Menge des Brennstoffgaszuführungsmittels (22) durch das Mittel (60) zum Ändern der Brennstoffgaszuführung geändert wird.

5. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 4, wobei, wenn die Menge des zugeführten Brennstoffgases durch das Mittel (22) zum Ändern der Brennstoffgaszuführung erhöht wird, das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) den Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen (32) basierend auf einer Änderung der von dem Spannungserfassungsmittel (40) erfaßten Spannung über die Zeit bestimmt, wenn der von dem Stromerfassungsmittel (42) erfaßte Strom gleich einem vorbestimmten Wert ist.

6. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 5, wobei, wenn die Änderung der Spannung über die Zeit gleich oder geringer ist als ein erster vorbestimmter Wert, das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen (32) unzureichend befeuchtet sind, und wobei, wenn die Änderung der Spannung über die Zeit gleich oder größer als ein zweiter vorbestimmter Wert ist, der größer als der erste vorbestimmte Wert ist, das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen (32) übermäßig befeuchtet sind.

7. Brennstoffzellensystem (20) mit einer Brennstoffzelle (30) vom Polymerelektrolyttyp, die gebildet wird durch Stapeln von Einheitszellen (31), von denen jede eine Elektrolytmembran (32) besitzt, die in einer Sandwich-Anordnung mit zwei Elektroden (33, 34) steht, wobei das Brennstoffzellensystem (20) dadurch charakterisiert ist, daß es folgendes umfaßt:  
 Brennstoffgaszuführungsmittel (22) das mit der Brennstoffzelle (30) verbunden ist;  
 Brennstoffgasbefeuchtungsmittel (23);  
 Mittel (40) zum Erfassen der von der Brennstoffzelle abgegebenen elektrischen Spannung;  
 Mittel (60) zum Ändern der Brennstoffgaszuführung der Brennstoffzelle; und  
 Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) zum Bestimmen eines Zustands der Befeuchtung der Elektrolytmembranen (32) basierend auf einer ersten von dem Spannungserfassungsmittel (40) erfaßten Spannung, bevor die Menge des zugeführten Brennstoffgases durch das Mittel (60) zum Ändern der Brennstoffgaszuführung verändert wird, und einer zweiten von dem Spannungserfassungsmittel (40) erfaßten Spannung, nachdem die Menge des zugeführten Brennstoffgases durch das Mittel (60) zum Ändern der Brennstoffgaszuführung verändert wurde.

8. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 7, wobei, wenn die erste Spannung, die erfaßt wird, bevor die Menge des zugeführten Brennstoffgases durch das Mittel (60) zum Ändern der Brennstoffgaszuführung erhöht wird, größer als die zweite Spannung ist, die erfaßt wird, nachdem die Menge des zugeführten Brennstoffgases durch das Mittel (22) zum Ändern der

Brennstoffgaszuführung erhöht wurde, das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen (32) unzureichend befeuchtet sind.

9. Brennstoffzellensystem (20) mit einer Brennstoffzelle (30) vom Polymerelektrolyttyp, die gebildet wird durch Stapeln von Einheitszellen (31), von denen jede eine Elektrolytmembran (32) besitzt, die in einer Sandwich-Anordnung mit zwei Elektroden (33, 34) steht, wobei das Brennstoffzellensystem (20) dadurch charakterisiert ist, daß es folgendes umfaßt:

Brennstoffgaszuführungsmittel (22), das mit der Brennstoffzelle (30) verbunden ist;

Brennstoffgasbefeuchtungsmittel (23);

Mittel (40) zum Erfassen der von der Brennstoffzelle abgegebenen elektrischen Spannung;

Mittel (60) zum Ändern der Brennstoffgaszuführung der Brennstoffzelle; und

Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60), welches einen Zustand der Befeuchtung der Elektrolytmembranen (32) basierend auf einer ersten Änderung der von dem Spannungserfassungsmittel (40) erfaßten Spannungen, bevor die Menge des zugeführten Brennstoffgases durch das Mittel (60) zum Ändern der Brennstoffgaszuführung verändert wird, und einer zweiten Änderung der von dem Spannungserfassungsmittel (40) erfaßten Spannungen, nachdem die Menge des zugeführten Brennstoffgases von dem Mittel (60) zum Ändern der Brennstoffgaszuführung verändert wurde, bestimmt.

10. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 9, wobei, wenn die erste Änderung der Spannungen, die erfaßt wird, bevor die Menge des zugeführten Brennstoffgases durch das Mittel (60) zum Ändern der Brennstoffgaszuführung erhöht wird, größer ist als die zweite Änderung der Spannungen, die erfaßt wird, nachdem die Menge des zugeführten Brennstoffgases durch das Mittel (60) zum Ändern der Brennstoffgaszuführung erhöht wurde, das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen (32) übermäßig befeuchtet sind.

11. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 9, wobei das Spannungserfassungsmittel (40) eine Spannung einer jeden Einheitszelle (31) erfaßt.

12. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 9, wobei mindestens zwei der Einheitszellen (31) ein Modul bilden, und wobei das Spannungserfassungsmittel (40) eine Spannung eines jeden Moduls erfaßt.

13. Brennstoffzellensystem (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß es ferner ein Befeuchtungssteuerungsmittel (60) umfaßt zur Steuerung eines Grads der Befeuchtung in dem Brennstoffgas, was von dem Brennstoffgasbefeuchtungsmittel (23) bewirkt wird, basierend auf einer Bestimmung, die von dem Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) gemacht wird.

14. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 13, wobei das Befeuchtungssteuerungsmittel (60) den Grad der Befeuchtung in dem Brennstoffgas erhöht, wenn das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen (32) unzureichend befeuchtet sind.

15. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 13, wobei das Befeuchtungssteuerungsmittel (60) einen Druck des Brennstoffgases in der Brennstoffzelle erhöht, wenn das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen unzureichend befeuchtet sind.

16. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 13, wobei das Befeuchtungssteuerungsmittel (60) eine Betriebstemperatur der Brennstoffzelle verringert, wenn das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen (32) unzureichend befeuchtet sind. 5
17. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 13, wobei das Befeuchtungssteuerungsmittel (60) eine Menge des durch das Brennstoffgaszufuhrmittel (22) zugeführten Brennstoffgases verringert, wenn das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen (32) unzureichend befeuchtet sind. 10
18. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 13, wobei das Befeuchtungssteuerungsmittel (60) den Grad der Befeuchtung in dem Brennstoffgas verringert, wenn das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen (32) übermäßig befeuchtet sind. 15
19. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 13, wobei das Befeuchtungssteuerungsmittel (60) einen Druck des Brennstoffgases in der Brennstoffzelle verringert, wenn das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen (32) übermäßig befeuchtet sind. 20
20. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 13, wobei das Befeuchtungssteuerungsmittel (60) eine Betriebstemperatur der Brennstoffzelle erhöht, wenn das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen (32) übermäßig befeuchtet sind. 25
21. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 13, wobei das Befeuchtungssteuerungsmittel (60) eine Menge des durch das Brennstoffgaszufuhrmittel (22) zugeführten Brennstoffgases erhöht, wenn das Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) bestimmt, daß die Elektrolytmembranen (32) übermäßig befeuchtet sind. 30
22. Brennstoffzellensystem (22) nach einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch charakterisiert, daß es ferner ein Mittel (60) zum Erfassen einer Abnormität umfaßt, zum Erfassen einer Abnormität des Brennstoffzellensystems (20), wenn die von dem Befeuchtungszustandsbestimmungsmittel (60) durchgeführte Bestimmung unverändert bleibt, nachdem während einer vorbestimmten Zeitdauer eine Steuerung durch das Befeuchtungssteuerungsmittel (60) durchgeführt wurde. 40
23. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 22, welches dadurch charakterisiert ist, daß es ferner ein Ausgabemittel für die Information einer erfaßten Abnormität umfaßt. 45
24. Brennstoffzellensystem (20) nach Anspruch 22 oder 23, dadurch charakterisiert, daß es ferner Mittel (60) zum Stoppen des Betriebs des Brennstoffzellensystems (20) umfaßt, wenn das Mittel (60) zum Erfassen einer Abnormität die Abnormität erfaßt. 50

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

5

ர  
க  
க  
உ

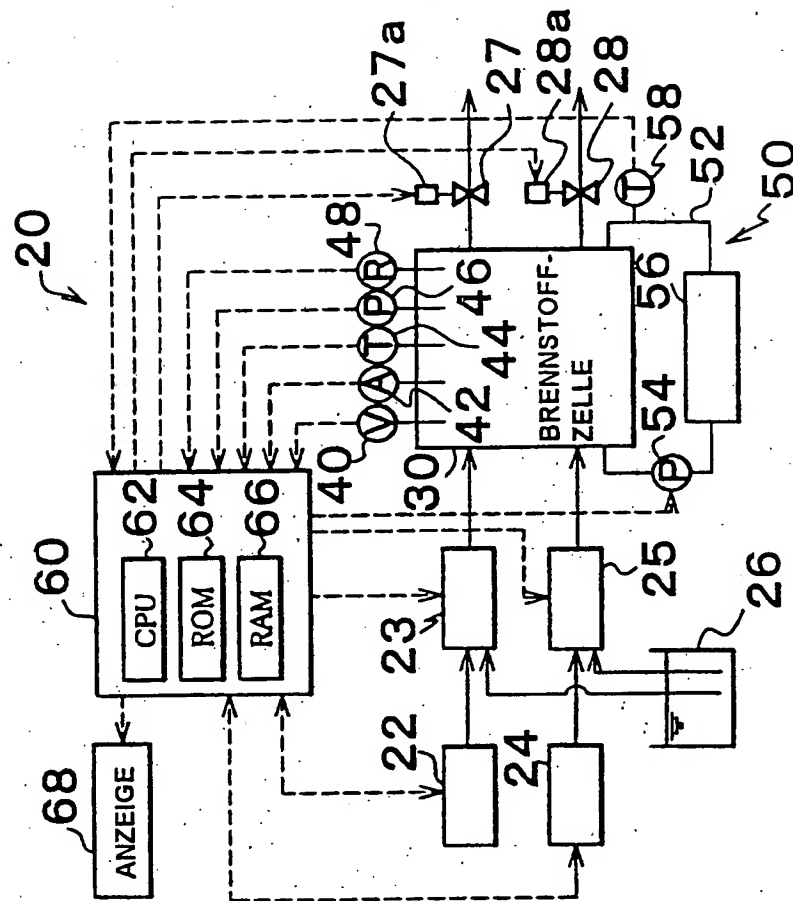
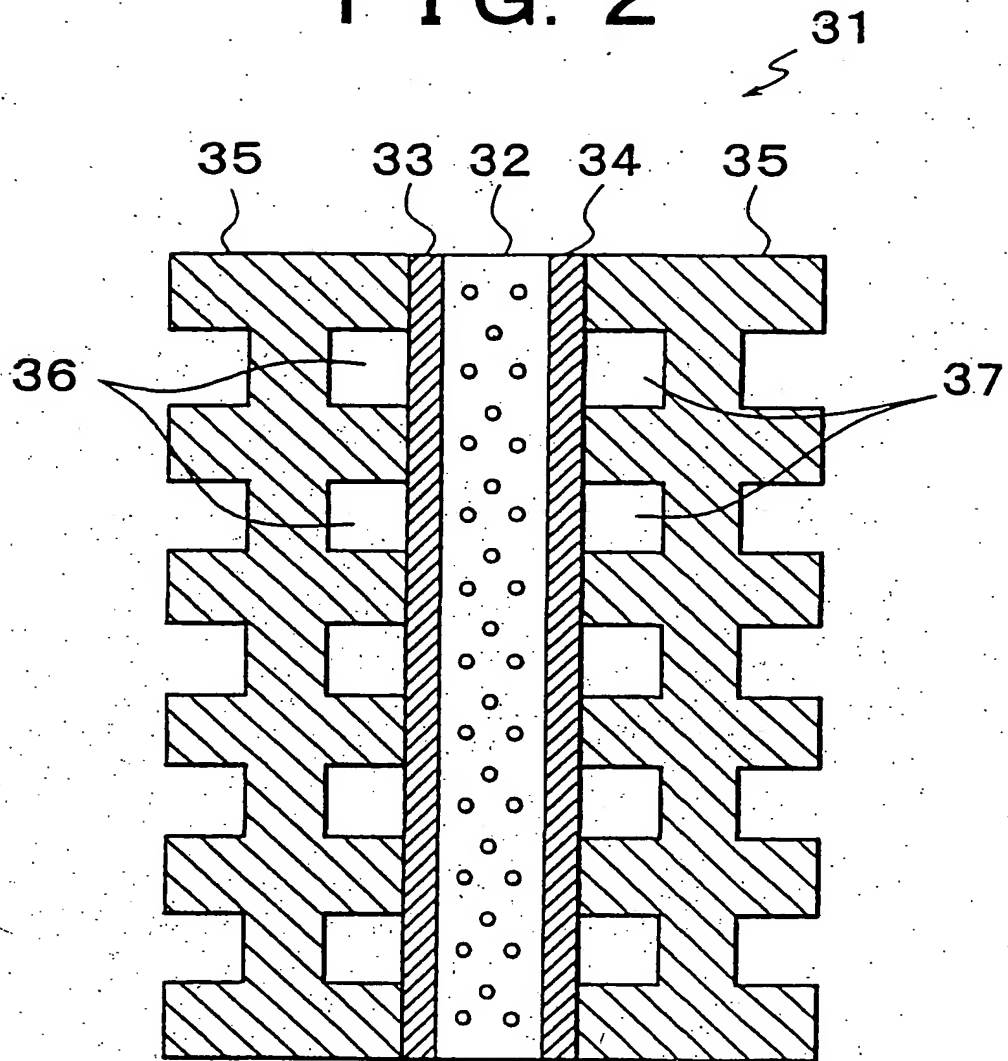
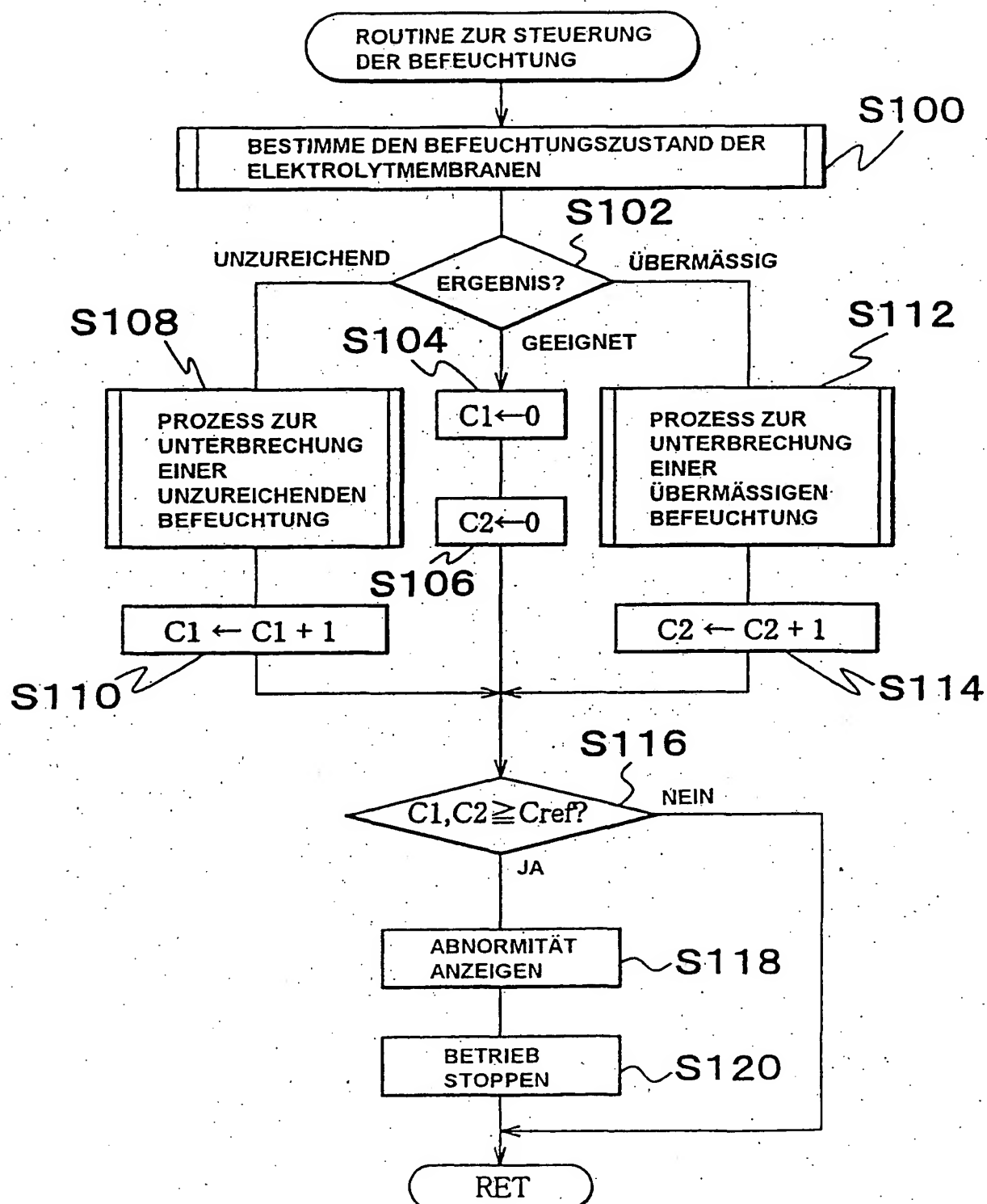


FIG. 2

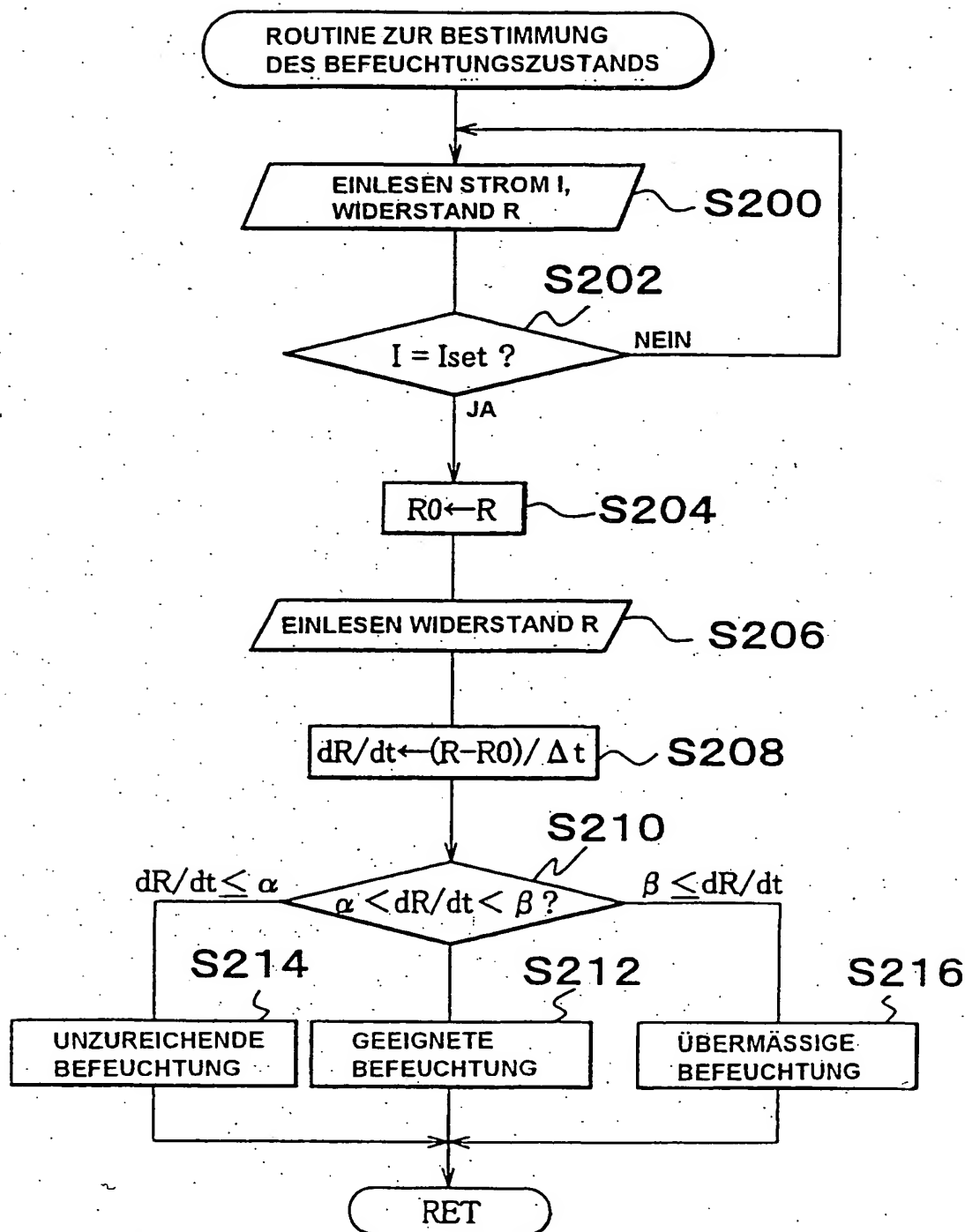




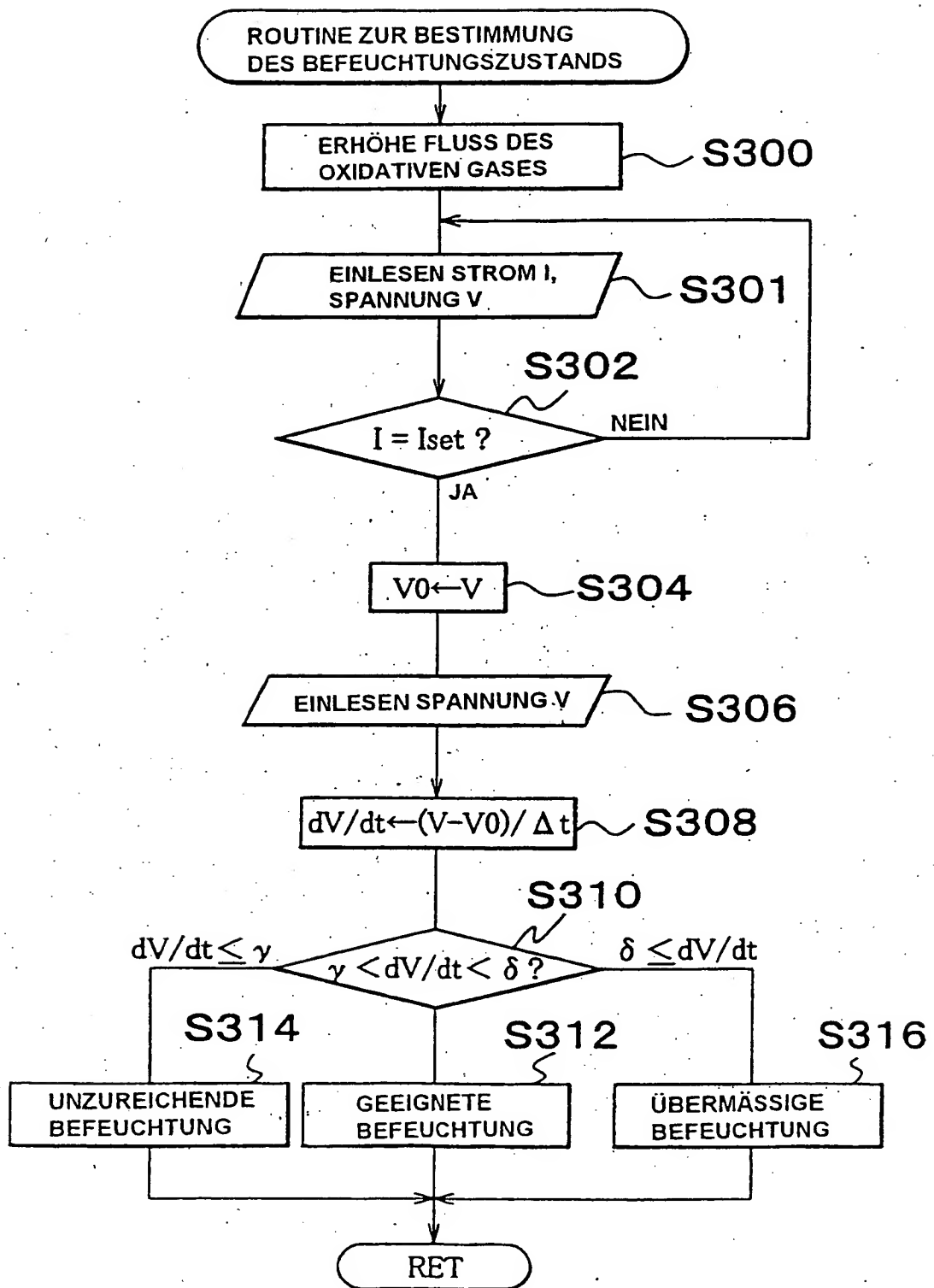
## FIG. 3



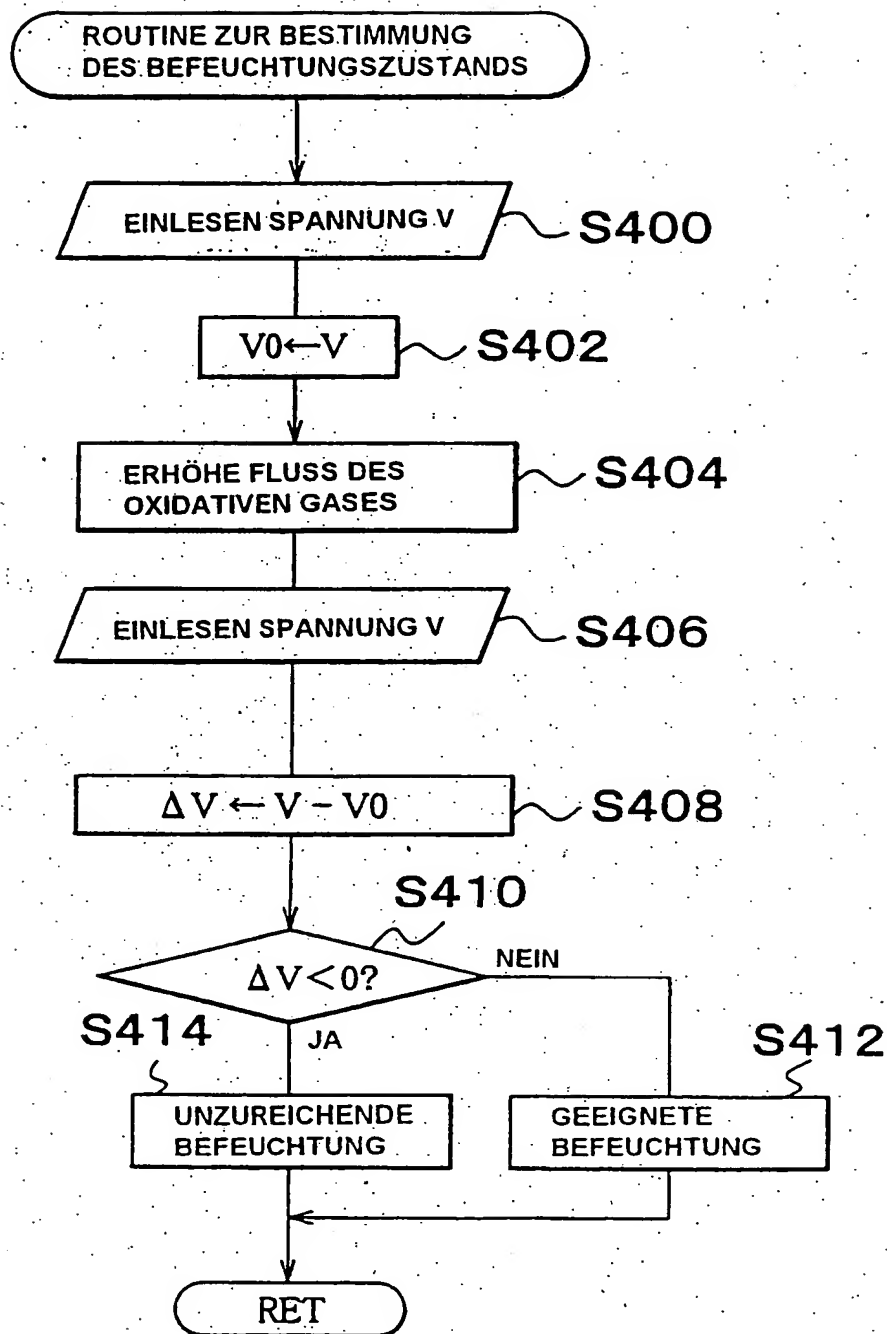
## FIG. 4



## FIG. 5



## FIG. 6



## FIG. 7

